

**Beschreibung****Regelungsverfahren und Regelungseinrichtung für einen Aktor**

5 Die Erfindung betrifft ein Regelungsverfahren für einen Aktor eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie eine entsprechende Regelungseinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

10

In modernen Einspritzanlagen für Brennkraftmaschinen werden die Injektoren zunehmend durch Piezoaktoren angesteuert, die im Vergleich zu herkömmlichen elektromagnetischen Aktoren ein dynamischeres Stellverhalten aufweisen. Die einzelnen Piezo-  
15 aktoren werden hierbei entsprechend einem vorgegebenen Einspritzbeginn (engl. SOI - Start of Injection) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt mit einer bestimmten Aktorenergie angesteuert, um den gewünschten Einspritzbeginn einzustellen. Hierbei ist zu beachten, dass die Kraftübertragung von dem  
20 Piezoaktor auf die Ventilnadel des Injektors verzögerungsb-  
haftet ist, so dass zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Piezoaktor und dem anschließenden Einspritzbeginn eine bauartspezifische Verzögerungszeit liegt.

25

Problematisch hierbei ist die Tatsache, dass die Verzöge-  
rungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen  
Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritz-  
beginn aufgrund von mechanischen und elektrischen Toleranzen  
30 Schwankungen unterliegt, was zu Fehlern bei der Einstellung  
des Einspritzbeginns führen kann.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Regelungsverfahren und eine entsprechende Regelungseinrichtung zu schaffen, um mechanische und elektrische Toleranzen der Verzögerungszeit zwischen dem Triggerzeitpunkt des elektrischen Steuersignals für den Aktor und dem anschließenden Einspritzbeginn auszuregeln.

Diese Aufgabe wird durch ein Regelungsverfahren gemäß Anspruch 1 und durch eine Regelungseinrichtung gemäß Anspruch 10 11 gelöst.

Die Erfindung umfasst die allgemeine technische Lehre, die bei der Ansteuerung des Aktors aufgebrachte Aktorenergie einzustellen, um den Einspritzbeginn auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregeln. Falls beispielsweise der tatsächliche Einspritzbeginn zeitlich nach dem vorgegebenen Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise erhöht, um den tatsächlichen Einspritzbeginn zeitlich vorzuverlegen. Falls der tatsächliche Einspritzbeginn dagegen zeitlich vor dem Sollwert für den Einspritzbeginn liegt, so wird die Aktorenergie im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung vorzugsweise verringert, um den Einspritzbeginn zeitlich nach hinten zu verlegen.

25

Vorzugsweise erfolgt die Regelung gemeinsam für mehrere Akto- ren, indem die Aktorenergie gemeinsam für mehrere Aktoren eingestellt wird. Beispielsweise kann die Aktorenergie für sämtliche Aktoren einer Brennkraftmaschine im Rahmen der er- findungsgemäßen Regelung gemeinsam eingestellt werden, um den gewünschten Einspritzbeginn zu erreichen. Es ist jedoch al- ternativ auch möglich, dass die Brennkraftmaschine mehrere

Zylinderbänke aufweist, wobei die Aktorenergie für die Akto-  
ren einer Zylinderbank jeweils gemeinsam eingestellt wird.

Die gemeinsame Einstellung der Aktorenergie für mehrere Akto-  
ren bietet den Vorteil, dass eine kostengünstige Endstufe (LC  
5 statt CC) eingesetzt werden kann.

10 Bei der gemeinsamen Einstellung der Aktorenergie für mehrere  
Aktoren können im Rahmen der Energieregelung naturgemäß keine  
aktorspezifischen Abweichungen berücksichtigt werden. Bei ei-  
ner Einstellung der Aktorenergie gemeinsam für mehrere Akto-  
ren besteht das Regelungsziel deshalb vorzugsweise darin, die  
15 mittlere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns über die  
einzelnen Aktoren zu minimieren. Im Rahmen des erfindungsge-  
mäßen Regelungsverfahrens wird deshalb vorzugsweise die mitt-  
lere Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns für die gemein-  
sam angesteuerten Injektoren ermittelt, wobei die Einstellung  
20 der Aktorenergie in Abhängigkeit von der ermittelten Soll-  
Ist-Abweichung erfolgt.

Es ist jedoch im Rahmen der Erfindung auch möglich, dass die  
Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren  
25 erfolgt, wobei die Aktorenergie jeweils aktorspezifisch ein-  
gestellt wird. Eine derartige individuelle Einstellung der  
Aktorenergie bietet den Vorteil, dass auch aktorspezifische  
Abweichungen berücksichtigt werden können.

30 Bei der vorstehend beschriebenen gemeinsamen Einstellung der  
Aktorenergie für mehrere Aktoren können aktorspezifische Ab-  
weichungen dadurch berücksichtigt werden, dass zusätzlich zu  
der Energieregelung auch der Triggerzeitpunkt des elektri-

schen Steuersignals für die Aktoren aktorindividuell einge-  
stellt wird. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist des-  
halb vorzugsweise zwei Regelschleifen auf, wobei die eine Re-  
gelschleife die Aktorenergie kollektiv für mehrere Aktoren  
5 einstellt, während die andere Regelschleife den Triggerzeit-  
punkt des elektrischen Steuersignals aktorindividuell ein-  
stellt. Beide Regelschleifen gehen hierbei vorzugsweise von  
der Soll-Ist-Abweichung des Einspritzbeginns aus.

10 Die Bestimmung des Ist-Wertes des Einspritzbeginns kann im  
Rahmen der Erfindung beispielsweise mittels eines Sitzkon-  
taktschalters erfolgen, der die Düsenadelstellung des Injek-  
tors erfasst. Derartige Sitzkontakte schalter sind dem Fachmann  
bekannt und werden deshalb in der folgenden Beschreibung  
15 nicht näher erläutert.

Ferner ist zu erwähnen, dass die Einstellung der Aktorenergie  
im Rahmen der erfindungsgemäßen Regelung zeitdiskret und/oder  
wertdiskret erfolgen kann. Bei einer zeitdiskreten Einstel-  
lung der Aktorenergie erfolgt die Änderung der Aktorenergie  
vorzugsweise diskontinuierlich zwischen aufeinander folgenden  
Einspritzvorgängen, wobei die Aktorenergie jeweils nach einem  
oder mehreren Einspritzvorgängen neu eingestellt werden kann.  
Bei einer wertdiskreten Einstellung der Aktorenergie erfolgt  
25 dagegen eine diskontinuierliche gestufte Einstellung der Ak-  
torenergie, was beispielsweise bei Digitalreglern ohnehin üb-  
lich ist.

Andere vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den  
30 Unteransprüchen gekennzeichnet oder werden nachstehend zusam-  
men mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele  
der Erfindung anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Regelungstechnisches Ersatzschaltbild einer erfindungsgemäßen Regelungseinrichtung für mehrere Piezoaktoren einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine sowie

5

Fig. 2 ein Regelungstechnisches Ersatzschaltbild eines alternativen Ausführungsbeispiels.

Das Regelungstechnische Ersatzschaltbild in Figur 1 verdeutlicht das erfindungsgemäße Regelungsverfahren für vier Piezoaktoren 1-4, die jeweils einem Injektor einer Einspritzanlage die Bewegung der jeweiligen Ventilnadel steuern.

Die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 erfolgt hierbei durch eine Treiberschaltung 5, die herkömmlich ausgebildet sein kann und deshalb hier nicht weiter beschrieben wird.

Den einzelnen Piezoaktoren 1-4 ist hierbei jeweils ein Sitzkontaktschalter 6-9 zugeordnet, wobei die einzelnen Sitzkontakte 6-9 die Stellung der Ventilnadel der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten Injektoren erfassen.

Ausgangsseitig sind die Sitzkontakte 6-9 mit einer Auswertungseinheit 10 verbunden, die aus den Ausgangssignalen der Sitzkontakte 6-9 den tatsächlichen Einspritzbeginn SOI<sub>1IST</sub>, SOI<sub>2IST</sub>, SOI<sub>3IST</sub>, SOI<sub>4IST</sub> der einzelnen Injektoren ermittelt.

Eingangsseitig erhält die erfindungsgemäße Regelungseinrichtung einen Sollwert SOI<sub>SOLL</sub> für den Einspritzbeginn, wobei der Sollwert SOI<sub>SOLL</sub> beispielsweise durch ein mehrdimensionales Kennfeld ermittelt werden kann, das hier zur Vereinfachung nicht dargestellt ist und beispielsweise in der elektroni-

schen Motorsteuerung (ECU - Electronic Control Unit) realisiert sein kann. Als Eingangsgrößen für die Bestimmung des Sollwertes  $SOI_{SOLL}$  kann das mehrdimensionale Kennfeld bei spielsweise Betriebsgrößen, wie die Drehzahl oder die mecha nische Last, der Brennkraftmaschine berücksichtigen.

Der vorgegebene Sollwert  $SOI_{SOLL}$  wird zusammen mit den IST Werten  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ , bzw.  $SOI4_{IST}$  jeweils einem Subtrahierer 11, 12, 13, 14 zugeführt, wobei die Subtrahierer 10 11-14 jeweils eine Soll-Ist-Abweichung  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  bzw.  $\Delta SOI4$  berechnen. Die Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  geben hierbei jeweils an, um welche Zeitspanne der tatsächliche Einspritzbeginn  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$  bzw.  $SOI4_{IST}$  der von den Piezoaktoren 1-4 angesteuerten 15 Injektoren von dem vorgegebenen Sollwert  $SOI_{SOLL}$  abweicht.

Die Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  der einzelnen Injektoren werden einer Recheneinheit 15 zugeführt, die einen Mittelwert  $\Delta SOI$  der einzelnen Soll-Ist Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  berechnet.

Dieser Mittelwert  $\Delta SOI$  wird dann einem Energieregler 16 zugeführt, der in Abhängigkeit von dem Mittelwert  $\Delta SOI$  einen Korrekturwert  $\Delta E$  bestimmt, um den Mittelwert  $\Delta SOI$  zu mini 25 mieren, wie noch beschrieben wird.

Ausgangsseitig ist der Energieregler 16 mit einem Addierer 17 verbunden, der als zusätzliche Eingangsgröße eingangsseitig einen vorgegebenen nominellen Wert  $E_{NOMINELL}$  für die Aktorenergie erhält.

Der Addierer 17 ist ausgangsseitig mit der Treiberschaltung 5 verbunden, die somit als Eingangsgröße die Summe aus der nominalen Aktorenergie  $E_{NOMINELL}$  und dem Korrekturwert  $\Delta E$  erhält, woraufhin die Treiberschaltung 5 die Piezoaktoren 1-4 mit der korrigierten Aktorenergie  $E$  ansteuert. Der Energeregler 16 berechnet den Korrekturwert  $\Delta E$  so, dass der Mittelwert  $\Delta SOI$  der Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  minimal wird.

10 Hierbei ist zu erwähnen, dass die Aktorenergie  $E$  im Rahmen dieser Regelung für sämtliche Piezoaktoren 1-4 gemeinsam eingestellt wird, so dass die Treiberschaltung 5 aus einer kostengünstigen Endstufe (LC statt CC) bestehen kann.

15 Darüber hinaus sind die Subtrahierer 11-14 mit einem Triggerregler 18 verbunden, um die aktorspezifischen Abweichungen zwischen dem vorgegebenen Sollwert  $SOI_{SOLL}$  und den einzelnen Ist-Werten  $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$  und  $SOI4_{IST}$  auszuregeln. Der Triggerregler 18 berechnet deshalb in Abhängigkeit von den 20 aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichungen  $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$  und  $\Delta SOI4$  Korrekturwerte  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t3$  und  $\Delta t4$  für den Triggerzeitpunkt, zu dem die elektrische Ansteuerung der Piezoaktoren 1-4 beginnt.

25 Ausgangsseitig ist der Triggerregler 18 mit 4 Addierern 19-22 verbunden, die die Korrekturwerte  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t3$ ,  $\Delta t4$  zu einem vorgegebenen Triggerzeitpunkt  $t_{TRIGGER}$  addieren und entsprechende aktorspezifische Triggerzeitpunkte  $t1^{*}_{TRIGGER}$ ,  $t2^{*}_{TRIGGER}$ ,  $t3^{*}_{TRIGGER}$  und  $t4^{*}_{TRIGGER}$  berechnen und diese der Treiberschaltung 5 zuführen, welche die Piezoaktoren 1-4 entsprechend ansteuert. Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung weist also eine zweite Regelschleife auf, in der die Triggerzeit-

punkte für die einzelnen Piezoaktoren 1-4 individuell eingestellt werden, wodurch aktorspezifische Abweichungen berücksichtigt werden.

- 5 Das in Figur 2 dargestellte alternative Ausführungsbeispiel stimmt weitgehend mit dem vorstehend beschriebenen und in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel überein, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen weitgehend auf die vorstehende Beschreibung verwiesen wird und für entsprechende Bauteile im  
10 Folgenden dieselben Bezugszeichen verwendet werden.

Eine Besonderheit dieses Ausführungsbeispiels besteht darin, dass die Energieregelung ebenfalls individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4 erfolgt.

- 15 Entsprechend sind auch vier Energieregler 16.1-16.4 und entsprechend vier nachgeschaltete Addierer 17.1-17.4 vorgesehen, wobei die Addierer 17.1-17.4 die korrigierten Aktorenergien E1, E2, E3, E4 individuell für vier Treiberschaltungen 5.1-  
20 5.4 bestimmen.

- 25 Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgt also sowohl eine Einstellung des Triggerzeitpunkts als auch eine Einstellung der Aktorenergie individuell für jeden der Piezoaktoren 1-4, wo durch aktorspezifische Abweichungen noch besser berücksichtigt werden.

- 30 Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den Schutzbereich fallen.

**Patentansprüche**

1. Regelungsverfahren für einen Aktor (1-4) eines Injektors einer Einspritzanlage für eine Brennkraftmaschine, mit den folgenden Schritten:
  - Vorgabe eines Sollwerts ( $SOI_{SOLL}$ ) für den Einspritzbeginn,
  - Elektrische Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt ( $t_{TRIGGER}$ ) mit einer bestimmten Aktorennergie (E),
- 10 gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - Erfassung eines Istwerts ( $SOI1_{IST}, SOI2_{IST}, SOI3_{IST}, SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns,
  - Ermittlung einer Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1, \Delta SOI2, \Delta SOI3, \Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns,
  - Einstellung der Aktorennergie (E) in Abhängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1, \Delta SOI2, \Delta SOI3, \Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns zur Regelung des Einspritzbeginns.
- 20 2. Regelungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) erfolgt, indem die Aktorennergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) eingestellt wird.
- 25 3. Regelungsverfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
  - Erfassung des Istwerts ( $SOI1_{IST}, SOI2_{IST}, SOI3_{IST}, SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),

- Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI_1$ ,  $\Delta SOI_2$ ,  $\Delta SOI_3$ ,  $\Delta SOI_4$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),  
5 - Ermittlung der mittleren Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI$ ) des Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4),  
- Einstellung der Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4) entsprechend der mittleren Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI$ ) des Einspritzbeginns.

10 4. Regelungsverfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Regelung individuell für jeweils einen von mehreren Aktoren (1-4) erfolgt, wobei die Aktorenergie (E) jeweils aktorspezifisch eingestellt wird.

15 5. Regelungsverfahren nach Anspruch 4,  
gekennzeichnet durch  
folgende Schritte:

- Erfassung des Istwerts ( $SOI_{1,IST}$ ,  $SOI_{2,IST}$ ,  $SOI_{3,IST}$ ,  $SOI_{4,IST}$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),  
20 - Ermittlung der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI_1$ ,  $\Delta SOI_2$ ,  $\Delta SOI_3$ ,  $\Delta SOI_4$ ) des Einspritzbeginns individuell für die einzelnen Aktoren (1-4),  
25 - Einstellung der Aktorenergie (E) individuell für die einzelnen Aktoren (1-4) in Abhängigkeit von der jeweiligen aktorspezifischen Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI_1$ ,  $\Delta SOI_2$ ,  $\Delta SOI_3$ ,  $\Delta SOI_4$ ) des Einspritzbeginns.

30 6. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

dass der Triggerzeitpunkt ( $t_{TRIGGER}$ ) für die Ansteuerung der Aktoren (1-4) unabhängig von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns eingestellt wird.

5    7. Regelungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
dass im Rahmen der Regelung zusätzlich zu der Einstellung der  
Aktorenergie (E) auch der Triggerzeitpunkt ( $t_{TRIGGER}$ ) in Abhän-  
gigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  
10     $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns eingestellt wird, um den Ein-  
spritzbeginn zu regeln.

8.    8. Regelungsverfahren nach Anspruch 7,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
15    dass die Aktorenergie (E) gemeinsam für mehrere Aktoren (1-4)  
eingestellt wird, während der Triggerzeitpunkt individuell  
für die einzelnen Aktoren (1-4) eingestellt wird.

9.    9. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
20    che,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
dass der Istwert ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Ein-  
spritzbeginns mittels eines Sitzkontakteorschalters (6-9) er-  
fasst wird, wobei der Sitzkontakteoschalter (6-9) eine Düsenan-  
25    delstellung des Injektors erfasst.

10.    10. Regelungsverfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t,  
30    dass die Einstellung der Aktorenergie (E) im Rahmen der Rege-  
lung zeitdiskret und/oder wertdiskret erfolgt.

11. Regelungseinrichtung für einen Aktors (1-4) eines Injektors für eine Einspritzanlage einer Brennkraftmaschine, mit

- einem Stellglied (5, 5.1-5.4) zur elektrischen Ansteuerung des Aktors (1-4) zu einem bestimmten Triggerzeitpunkt

5       (t<sub>TRIGGER</sub>) mit einer bestimmten Aktorenergie (E), gekennzeichnet durch

- eine Messeinrichtung (6-10) zur Erfassung eines Istwerts ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns,
- einen ersten Regler (16, 16.1-16.4) zur Einstellung der

10      Aktorenergie (E) in Abhängigkeit von einer Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) zwischen dem gemessenen Istwert ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns und einem vorgegebenen Sollwert ( $SOI_{SOLL}$ ) des Einspritzbeginns.

15       12. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11 dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere Aktoren (1-4) gemeinsam einstellbar ist.

20       13. Regelungseinrichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Recheneinheit (15) zur Berechnung eines Mittelwerts ( $\Delta SOI$ ) der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  $\Delta SOI4$ ) des Einspritzbeginns für mehrere Aktoren (1-4), wobei der erste Regler (16) die Aktorenergie (E) für mehrere Aktoren (1-4) entsprechend dem Mittelwert ( $\Delta SOI$ ) einstellt.

25       14. Regelungseinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorenergie (E) im Rahmen der Regelung für mehrere Aktoren (1-4) individuell einstellbar ist.

15. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14,  
gekennzeichnet durch  
einen zweiten Regler (18) zur Einstellung des Triggerzeit-  
punkts ( $t_{TRIGGER}$ ) für die Ansteuerung des Aktors (1-4) in Ab-  
hängigkeit von der Soll-Ist-Abweichung ( $\Delta SOI1$ ,  $\Delta SOI2$ ,  $\Delta SOI3$ ,  
 $\Delta SOI4$ ) zwischen dem gemessenen Istwert ( $SOI1_{IST}$ ,  $SOI2_{IST}$ ,  
 $SOI3_{IST}$ ,  $SOI4_{IST}$ ) des Einspritzbeginns und dem vorgegebenen  
Sollwert ( $SOI_{SOLL}$ ) des Einspritzbeginns.

10 16. Regelungseinrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Messeinrichtung (6-10) einen Sitzkontaktschalter 6-  
9) aufweist, der eine Düsenadelstellung des Injektors er-  
fasst.

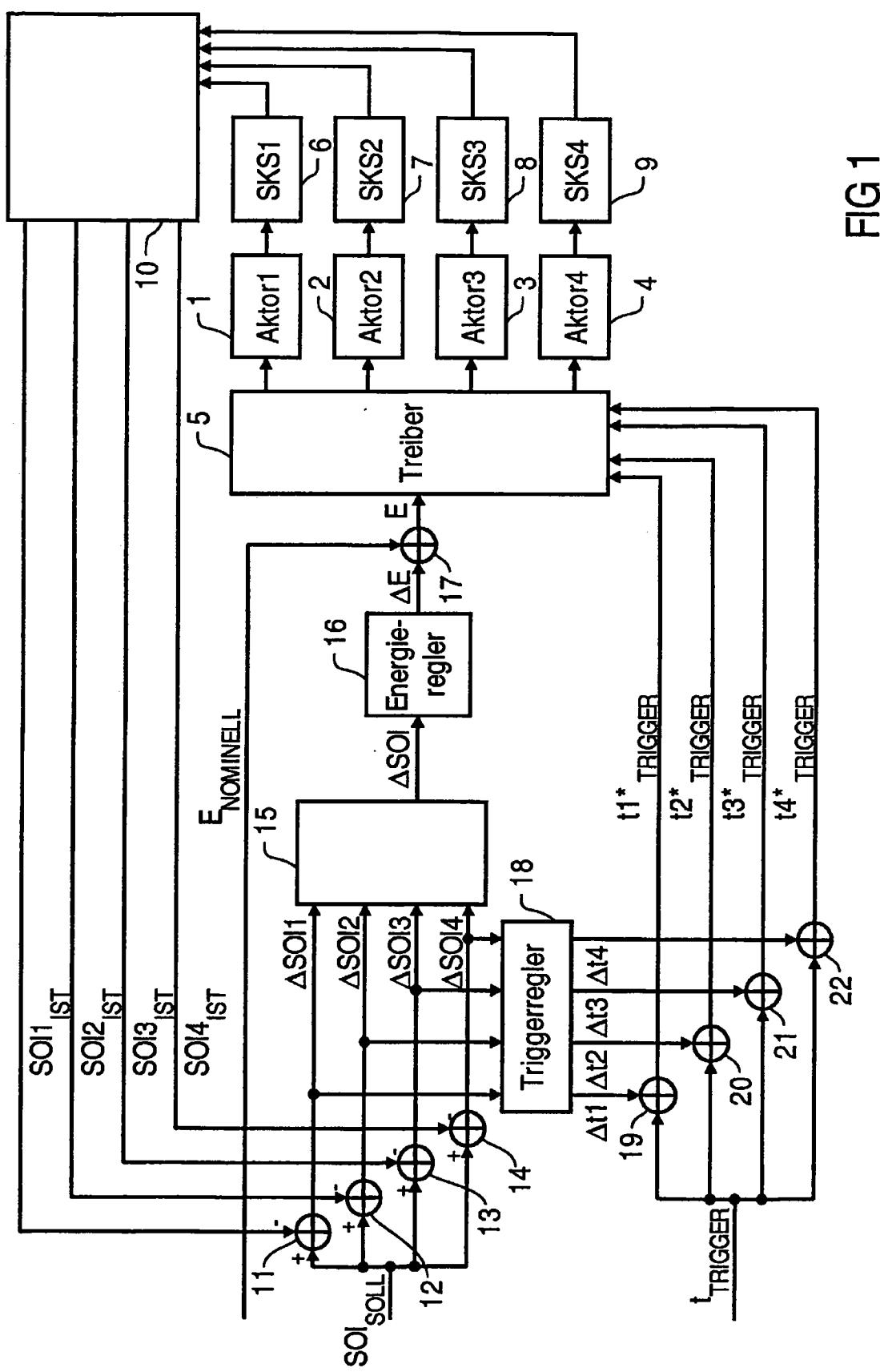


FIG 1

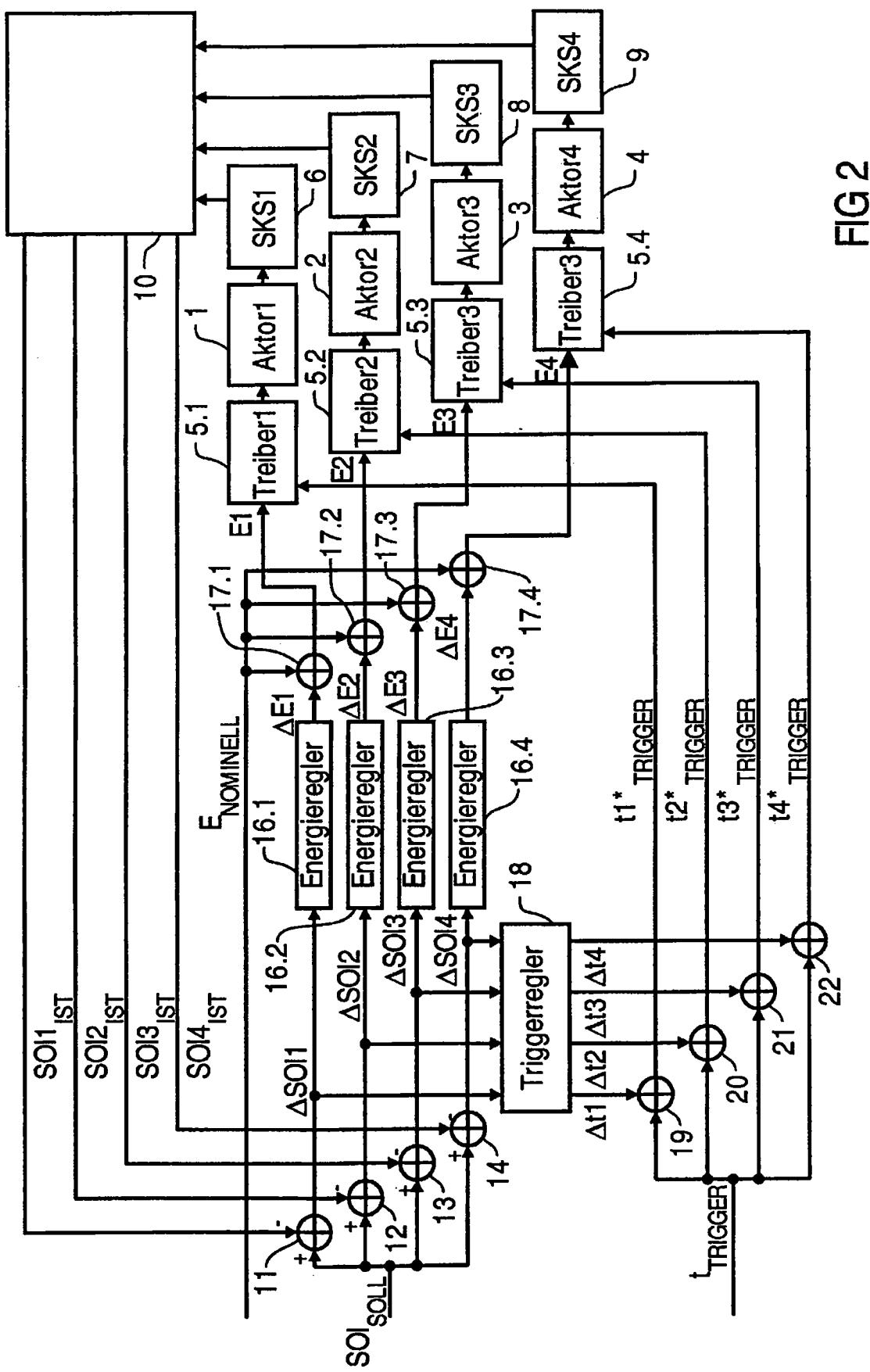


FIG 2